

**POTENSI PEMASANGAN &
PENGGUNAAN PANEL SOLAR
MELALUI PROGRAM *NET
ENERGY METERING* (NEM
3.0) UNTUK BEKALAN
ELEKTRIK TERUS KE TALIAN
TENAGA NASIONAL BERHAD
(TNB *ON-GRID*) UNTUK
PENGGUNA DOMESTIK.**

Penulis:

Ts. HJ SYED AHMAD NASRIE BIN SAYED ABDULLAH

Pn. HJH SYARIFAH HAFIZAH BINTI SAYED KAMAR

Kejuruteraan Elektrik



**POTENSI PEMASANGAN
& PENGGUNAAN PANEL
SOLAR MELALUI
PROGRAM *NET ENERGY
METERING* (NEM 3.0)
UNTUK BEKALAN
ELEKTRIK TERUS KE
TALIAN TENAGA
NASIONAL BERHAD (TNB
ON-GRID) UNTUK
PENGGUNA DOMESTIK.**



**TS. HJ. SYED AHMAD NASRIE BIN SAYED ABDULLAH
PN. HJH. SYARIFAH HAFIZAH BINTI SAYED KAMAR**

Deklarasi hakcipta & kredit penulis, ilustrasi & jurugambar

Pengarah

Dr. Hj. Mohd Daud bin Isa

Penulis, Editor, Grafik & Fotografi

Ts. Hj. Syed Ahmad Nasrie bin Sayed Abdullah, EE (Penulis & Ketua Editor)
(PPPT DH48 - B. Eng. (Hons) Electrical-Telecommunications, UTM)

Pn. Hjh. Syarifah Hafizah binti Sayed Kamar (Penolong Ketua Editor)
(PPPS DG48 - B. Acc. (Hons) UUM)

Semakan

Pn. Melati binti Sabtu

Permohonan Penerbitan & Bacaan Prof

Pn. Nor Aziah binti Awang

©Terbitan Edisi Jun 2022

Hak cipta terpelihara. Tiada bahagian daripada penerbitan ini boleh diterbitkan semula, disimpan untuk pengeluaran atau ditukarkan ke dalam sebarang bentuk atau sebarang alat, sama ada secara elektronik, gambar, rakaman serta sebagainya tanpa kebenaran bertulis daripada Politeknik Kuala Terengganu, Jabatan Pendidikan Politeknik dan Kolej Komuniti, Kementerian Pengajian Tinggi Malaysia terlebih dahulu.

Diterbitkan oleh :

Politeknik Kuala Terengganu

Jalan Sultan Ismail,

20200 Kuala Terengganu,

Terengganu Darul Iman.

Penghargaan

Saya ingin merakamkan ucapan penghargaan ini kepada pihak pengurusan Politeknik Kuala Terengganu (PKT), Jabatan Pendidikan Politeknik & Kolej Komuniti (JPPKK) dan pihak pengurusan Syarikat Tesdec Services Sdn. Bhd. yang sudi menyediakan tempat dan memberikan saya peluang untuk menimba pengalaman serta menjalani latihan sangkutan industri pensyarah (SIP) dan semua rakan sejawat di Politeknik Kuala Terengganu.

Sekalung penghargaan jua buat kedua ibu bapa tercinta dan isteri tersayang Hjh. Syarifah Hafizah binti Sayed Kamar, putera-puteri anakanda Syed Ahmad Eirfan, Syed Ahmad Eikmal, Syed Ahmad Eirsyad, Syarifah Fatimah Eizzati, Syarifah Fatimah El-Zahra' serta seluruh ahli keluarga yang menjadi sumber inspirasi dan kekuatan untuk menyempurnakan penerbitan buku digital atau *e-book* ini.

Tidak lupa juga ucapan penghargaan ini buat rakan-rakan sejawat dan sesiapa sahaja yang terlibat secara langsung atau tidak langsung dalam proses penerbitan buku ini.

Sekian, terima kasih.

Abstrak

Buku ini diterbitkan bertujuan untuk membantu para pelajar di Politeknik & Kolej Komuniti khususnya dan masyarakat umum amnya bagi memahami secara asas jenis-jenis panel solar dan konsep operasi panel solar tersebut.

Setelah mengenalpasti jenis-jenis panel solar tersebut seterusnya penulis ingin membawa para pembaca untuk mengetahui proses permohonan pemasangan panel solar melalui projek *Net Energy Metering* yang dikenali dengan NEM 3.0 untuk rakyat yang diperkenalkan melalui Pihak Berkuasa Pembangunan Tenaga Lestari yang dikenali sebagai SEDA (*Sustainable Energy Development Authority*).

Selepas melalui proses permohonan tersebut, penulis berkongsi pengalaman sebenar seorang pengguna domestik bekalan elektrik tiga fasa dalam proses pemasangan panel solar yang telah diluluskan kuota pemasangannya oleh pihak berkuasa dan melalui proses menandatangani perjanjian dan kontrak dengan pihak pembekal elektrik, iaitu Tenaga Nasional Berhad (TNB).

Proses pemasangan panel solar melalui projek NEM 3.0 ini dianggap selesai selepas pemasangan *Smart Meter* atau Meter Pintar Elektrik TNB yang digunakan untuk mengukur kuantiti elektrik yang dieksport melalui penjanaan tenaga elektrik daripada panel solar yang telah dipasang di samping mengukur penggunaan tenaga elektrik yang diimport daripada pihak TNB melalui kaedah pengiraan *Net Energy Metering* yang terkandung dalam syarat dan kontrak perjanjian yang telah ditandatangani antara pihak pelanggan dan TNB.

Isi Kandungan

| Bil. | Perkara | Muka surat |
|-------------|---|-------------------|
| 1 | Deklarasi hakcipta & kredit penulis, ilustrasi & jurugambar | i |
| 2 | Penghargaan | ii |
| 3 | Abstrak | iii |
| 4 | Isi Kandungan | iv |
| 5 | Bab 1 : Pengenalan Kepada Panel Solar | 1 |
| 6 | Bab 2 : Proses Permohonan Pemasangan Panel Solar | 20 |
| 7 | Bab 3 : Pemasangan Panel Solar & Meter Pintar TNB | 33 |
| 8 | Bab 4 : Penyelenggaraan & pemantauan sistem panel solar | 50 |
| 9 | Kesimpulan dan Penutup | 60 |
| 10 | Rujukan | 61-62 |

Bab 1 : Pengenalan Kepada Panel Solar

Apakah Panel Solar *Monocrystalline* dan *Polycrystalline*?

Panel solar monokristalin dan polihabluran ialah dua jenis reseptor tenaga suria yang paling biasa. Kedua-duanya berfungsi menggunakan sel fotovoltik (PV –*photovoltaic*) yang diperbuat daripada silikon — bahan yang sama yang digunakan dalam cip untuk alat elektronik. Perbezaan antara sel solar monohablur berbanding polihabluran ialah konfigurasi silikon:

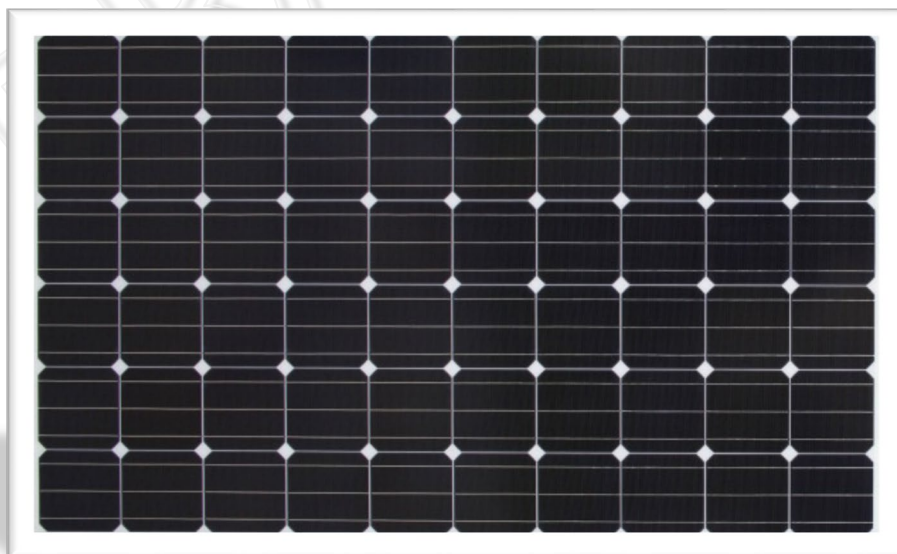
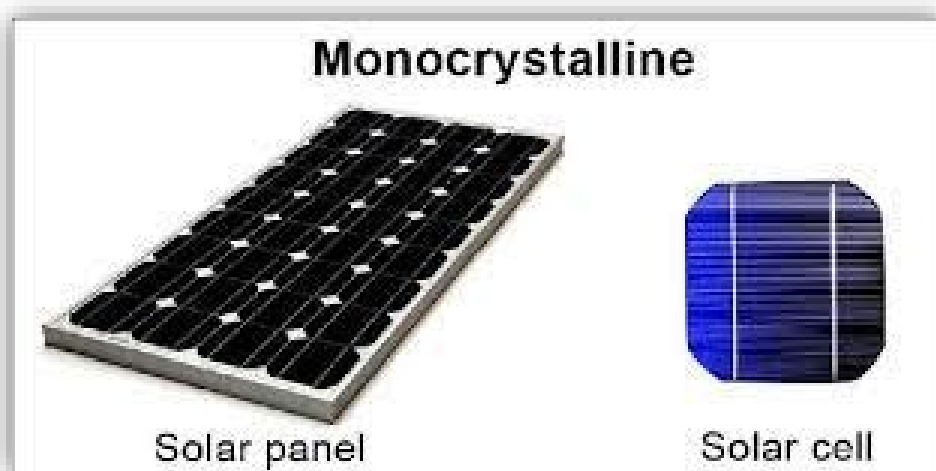
- **Panel solar monokristalin:** Setiap sel PV solar diperbuat daripada kristal silikon tunggal. Ini kadangkala dirujuk sebagai "panel solar mono."
- **Panel solar polihabluran:** Setiap sel PV diperbuat daripada serpihan kristal silikon berbilang yang digabungkan bersama semasa pembuatan. Anda mungkin melihatnya dipanggil "panel berbilang kristal" atau "panel poli."

Kedua-dua jenis panel solar ini mempunyai tujuan yang sama, iaitu menukarkan tenaga cahaya matahari kepada tenaga elektrik. Walau bagaimanapun, struktur silikon kristal sel suria individu mempengaruhi prestasi dan penampilannya. Malah, anda boleh mengenal pasti jenis panel dengan hanya memerhati bentuk dan warna sel solarnya.

Panel Suria Monocrystalline

Panel solar monokristalin dicirikan oleh sel PV hitamnya dengan tepi bulat. Mereka mempunyai kecekapan penukaran yang lebih tinggi daripada panel polihabluran, yang bermaksud mereka menghasilkan lebih banyak kilowatt-jam elektrik. Jika anda ingin memasang sistem panel solar tetapi ruang anda terhad, panel monohabluran akan menjadi lebih produktif setiap kaki persegi.

Walaupun ia adalah panel solar yang paling cekap, ia juga yang paling mahal, kerana proses pembuatan sel silikon kristal tunggal adalah lebih kompleks.



Panel Suria Polihabluran

Panel solar polihablur mempunyai sel PV berwarna biru dengan tepi lurus. Mereka mempunyai kecekapan yang lebih rendah berbanding dengan sel monohablur, yang bermaksud anda memerlukan lebih banyak panel untuk mencapai output kuasa yang sama. Walau bagaimanapun, panel polihablur juga mempunyai harga yang lebih rendah, kerana proses pembuatannya lebih mudah.

Panel polihablur sangat tahan lama, tetapi ia cenderung bertahan sedikit daripada panel monohablur. Mereka juga lebih terjejas oleh suhu tinggi, yang mengurangkan produktiviti mereka pada hari yang paling panas.

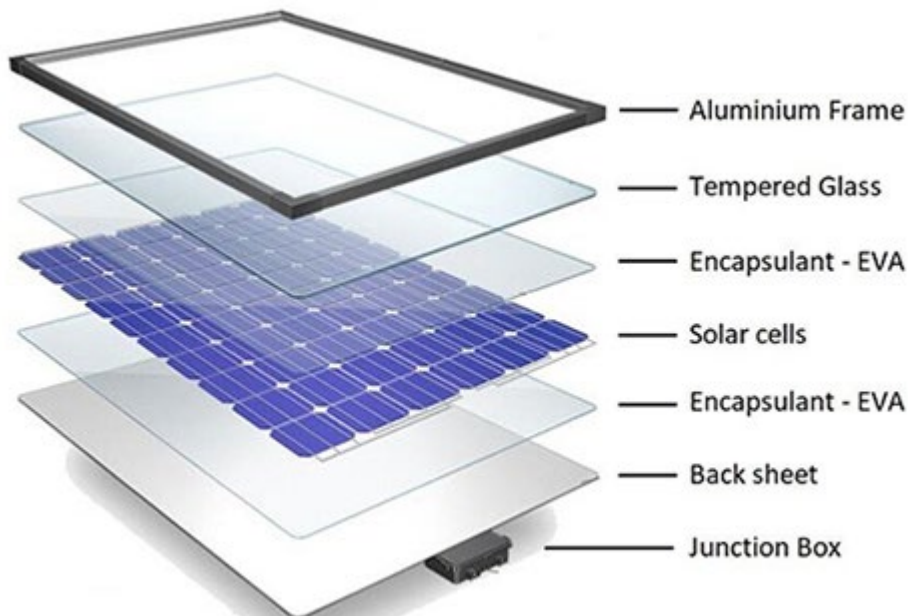
Polycrystalline



Solar panel



Solar cell



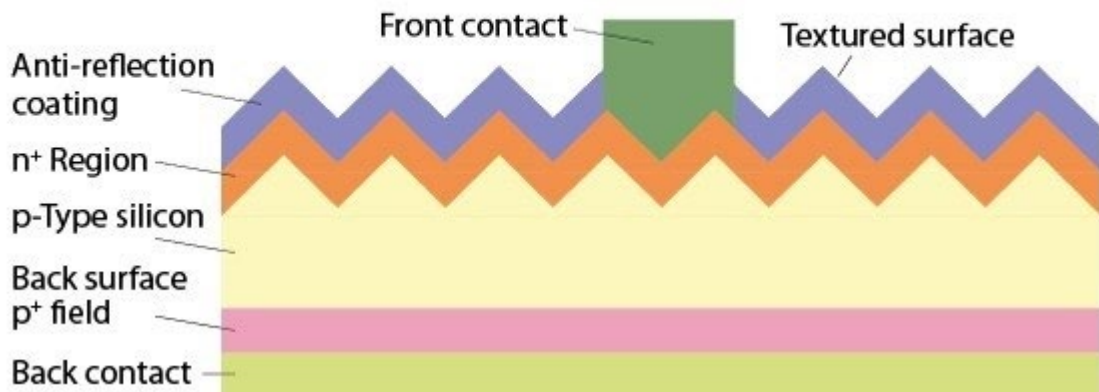
Perbandingan struktur di antara
Monocrystalline vs Polycrystalline



Monocrystalline silicon solar cell



Polycrystalline silicon solar cell



Panel Sel Solar Hibrid

Sel solar hibrid bukanlah jenis semula jadi sel suria dan bukannya gabungan sel suria silikon *amorphous* dan sel suria monohabluran. Jenis sel suria ini adalah perkembangan terkini dalam fotovoltai, yang terdiri daripada bahan pengangkutan elektron tinggi dan bahan organik. Gabungan kedua-dua bahan ini menjadikan penukaran kuasa cekap dan menjana output yang lebih baik. Lebih-lebih lagi, sel solar hibrid melakukan yang terbaik apabila diletakkan dalam iklim yang lebih cerah, yang suhunya boleh mencapai sehingga 25 darjah Celsius, dengan itu, menghasilkan lebih banyak tenaga elektrik.

Foto : Contoh panel solar hibrid kombinasi haba dan fotovoltai .



Panel Sel Solar Silikon Amorfus

Di antara semua jenis panel solar PV, sel solar amorfus adalah jenis sel solar yang paling murah dan paling mudah untuk dihasilkan. Sel solar amorfus sering digunakan untuk peralatan kuasa rendah, seperti kalkulator poket dan jam tangan kerana ia menghasilkan sel solar yang kurang cekap.

Walau bagaimanapun, dengan inovasi terkini dalam pembuatan sel suria jenis ini (dipanggil susun - *stacking*), sel suria amorfus boleh menghasilkan sel suria cekap tinggi dengan menggabungkan beberapa lapisan sel silikon. Kelebihan menggunakan sel suria amorf ialah :

- 1) ia fleksibel kerana lapisan silikonnya nipis, dan
- 2) ia berkesan dalam tahap cahaya rendah.

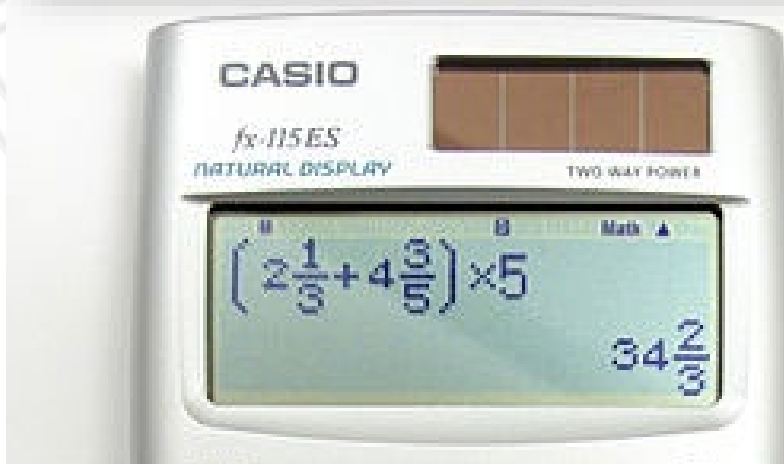


Foto : Contoh panel sel solar silikon amorfus dan penggunaannya.

Panel Solar Monocrystalline vs. Panel Solar Polihablur : Perbezaan Utama

Dalam buku ini kita akan lebih memfokuskan tentang penggunaan panel solar mono-kristal dan poli-kristal sahaja agar lebih spesifik. Sekarang setelah anda mengetahui asas panel solar monohablur lawan polihabluran, mari bincangkan prestasi setiap jenis teknologi panel solar. Jadual berikut meringkaskan perbezaan paling penting antara panel solar monohablur dan polihabluran:

| Faktor | Panel Suria Monocrystalline | Panel Suria Polihabluran |
|-----------------|--|---|
| Susunan Silikon | Satu kristal silikon tulen | Banyak serpihan silikon dicantumkan bersama |
| Kos | Lebih mahal | Lebih murah |
| Ciri fizikal | Panel mempunyai rona hitam | Panel mempunyai rona biru |
| Kecekapan | Lebih cekap | Kurang cekap |
| Jangka hayat | 25 hingga 40 tahun | 20 hingga 35 tahun |
| Pekali Suhu | Pekali suhu yang lebih rendah, menjadikannya lebih cekap dalam haba | Pekali suhu yang lebih tinggi, menjadikan mereka kurang cekap dalam haba |

Kos Solar Panel

Struktur silikon setiap panel solar adalah faktor utama yang menentukan kos. Untuk menghasilkan panel polihabluran, pengilang mesti hanya menuang silikon cair ke dalam acuan segi empat sama, kemudian memotong wafer yang terhasil ke dalam sel individu. Sebaliknya, untuk menghasilkan sel solar kristal tunggal, pemejalan silikon mesti dikawal dengan sangat berhati-hati. Oleh kerana proses pembuatan yang lebih kompleks ini, panel mono lebih mahal.

Apabila membandingkan harga panel solar individu, produk monokristalin lebih mahal. Walau bagaimanapun, apabila membandingkan sebut harga untuk sistem suria yang telah siap, anda mungkin mendapati kos yang sama bagi setiap kilowatt antara kedua-dua teknologi. Ini kerana, disebabkan kadar kecekapannya yang tinggi, anda perlu membeli lebih sedikit panel mono secara keseluruhan.

Berikut adalah beberapa perkara yang perlu diingat tentang kos panel solar:

- i. Panel solar monokristalin mempunyai kos yang lebih tinggi apabila membandingkan hanya panel.
- ii. Kos penyongsang, pendawaian, perlindungan elektrik, rak dan buruh adalah sama untuk kedua-dua jenis panel solar.
- iii. Oleh kerana panel monohabluran lebih cekap, anda mungkin mendapat pulangan yang lebih baik untuk pelaburan anda.
- iv. Pemilik rumah layak mendapat kredit cukai solar persekutuan sama ada mereka memilih panel mono atau poli.

Kecekapan dan Pekali Suhu

Seperti yang dinyatakan di atas, panel solar monohabluran mempunyai kecekapan yang lebih tinggi. Walau bagaimanapun, ini tidak bermakna panel solar polihabluran adalah produk yang lebih rendah — anda boleh menemui panel solar berkualiti tinggi bagi kedua-dua jenis. Berikut adalah beberapa lagi fakta tentang kecekapan:

- i. Apabila panel solar mempunyai kecekapan yang lebih tinggi, ia menukar peratusan cahaya matahari yang lebih besar kepada elektrik.
- ii. Sehingga 2021, panel polihabluran mempunyai kecekapan tipikal di bawah 20%, manakala panel monohabluran terbaik menghampiri 23%.
- iii. Anda memerlukan lebih banyak panel polihabluran untuk mencapai output kilowatt-jam tertentu setiap bulan, kerana kecekapannya lebih rendah.
- iv. Semua panel solar mengalami penurunan kecekapan sementara apabila suhunya meningkat, tetapi sel solar monohabluran kurang terjejas oleh haba.



Kecekapan dan Pekali Suhu

Pekali suhu menunjukkan berapa banyak panel solar dipengaruhi oleh suhu. Semua panel solar diuji kilang di bawah Syarat Ujian Standard (STC) yang sama untuk memastikan perbandingan yang adil.

Secara umum, panel solar polihabluran cenderung mempunyai pekali suhu yang lebih tinggi, yang bermaksud ia kehilangan lebih banyak produktiviti apabila ia menjadi panas. Walau bagaimanapun, apabila teknologi bertambah baik, kini terdapat panel solar kedua-dua jenis dengan pekali suhu rendah yang sama.

Kecekapan panel solar bukanlah faktor kritikal apabila anda mempunyai banyak ruang yang tersedia. Memandangkan panel polihabluran mempunyai harga yang lebih rendah, memasang lebih banyak untuk mengimbangi kecekapan yang lebih rendah tidak menjadi masalah. Walau bagaimanapun, apabila anda mempunyai ruang terhad, memasang lebih banyak panel bukan pilihan, jadi panel monohabluran akan memaksimumkan pengeluaran elektrik di kawasan yang tersedia.

Keadaan Fizikal dan Jangka Hayat

Penampilan sel suria juga adalah hasil daripada struktur silikonnya, kerana ia menentukan cara ia berinteraksi dengan cahaya matahari dan cara ia dilihat oleh penglihatan manusia. Struktur kristal tunggal sel monohablur memberi mereka warna hitam, manakala sel polihablur berwarna biru.

Kedua-dua jenis panel solar mempunyai jangka hayat yang panjang, manakala tempoh bayaran balik mereka adalah kurang daripada lima tahun dalam banyak kes. Pengeluar solar biasanya menawarkan waranti pengeluaran kuasa 25 tahun, tetapi sesetengah jenama kini datang dengan perlindungan waranti 30 tahun.

Adakah Panel Suria Monocrystalline atau Polycrystalline Terbaik untuk Anda?

Setiap jenis panel solar mempunyai kelebihan dan kekurangan, dan anda boleh mendapat pulangan pelaburan yang sangat baik dengan kedua-duanya. Walau bagaimanapun, untuk memudahkan pilihan anda, pertimbangkan faktor berikut semasa memilih panel solar terbaik untuk rumah anda:

Kedua-dua panel solar monohablur dan polihabluran mempunyai kebaikan dan keburukan tertentu, yang bermaksud pilihan yang lebih baik untuk anda bergantung pada projek khusus anda. Panel monokristalin disyorkan apabila ruang terhad dan apabila anda sanggup membuat pelaburan yang lebih besar untuk mencapai kecekapan tertinggi. Sebaliknya, panel solar polihablur disyorkan apabila anda ingin mengurangkan kos pendahuluan dan ruang bukanlah satu had.

Panel solar polihablur mempunyai sel biru yang diperbuat daripada pelbagai kristal silikon, dan ia kurang cekap tetapi lebih berpatutan. Panel monokristalin mempunyai sel hitam yang diperbuat daripada kristal tunggal, dan ia menawarkan kecekapan yang lebih tinggi pada harga yang lebih tinggi.

Adakah anda mahukan panel solar dengan warna tertentu? Perlu diingat bahawa panel monohablur berwarna hitam, manakala panel polihablur berwarna biru. Jika anda lebih suka satu daripada yang lain, anda boleh membeli panel solar mengikut citarasa anda.

Bab 1 : Pengenalan Kepada Panel Solar

Berapa banyak ruang yang anda ada untuk panel solar? Dimensi tepat panel solar rumah bergantung pada jenama dan pengilangnya. Dimensi biasa ialah 65 inci kali 39 inci, bersamaan dengan 17.6 kaki persegi setiap panel, tetapi panel monohabluran menawarkan lebih banyak watt setiap kaki persegi. Berikut ialah contoh ringkas tentang cara anda boleh memasang lebih banyak kilowatt di kawasan tertentu dengan menggunakan panel monohablur:

- i. Anda mungkin mendapati bahawa panel polihabluran menghasilkan 300W, manakala panel monohabluran bersaiz sama menghasilkan 350W.
- ii. Jika anda mempunyai ruang untuk 20 daripadanya, anda akan mencapai 7 kW dengan panel monohablur, tetapi hanya 6 kW dengan panel polihablur.

Apakah rupa bajet dan pilihan pembiayaan anda? Panel solar polihablur lebih berpatutan, tetapi panel monohabluran lebih produktif. Jika anda mempunyai akses kepada pinjaman solar dengan kadar faedah yang menggalakkan, anda boleh membiayai pemasangan solar anda dan membayar pinjaman dengan wang yang anda simpan pada bil utiliti. Dalam kes ini, kos tambahan panel monohabluran tidak menjadi isu.

Juga, pastikan anda membandingkan beberapa petikan solar. Panel solar monokristalin lebih mahal secara individu, tetapi anda juga mesti mempertimbangkan komponen sistem lain dan kos pemasangan. Mungkin terdapat kes di mana pemasangan lengkap dengan panel monohablur sebenarnya lebih murah, walaupun jika satu panel lebih mahal.

Untuk mula membandingkan kos, anda boleh mendapatkan sebut harga percuma tanpa obligasi daripada syarikat pemasangan solar terkemuka di kawasan anda dengan mendapatkan sebut harga bagi kos pemasangan panel solar tersebut.

Lain-lain Jenis Panel Suria

Panel solar monokristalin dan polihabluran adalah yang paling biasa, tetapi ia bukan satu-satunya jenis yang tersedia. Anda juga akan menemui panel solar filem nipis, yang mempunyai proses pembuatan yang berbeza sama sekali:

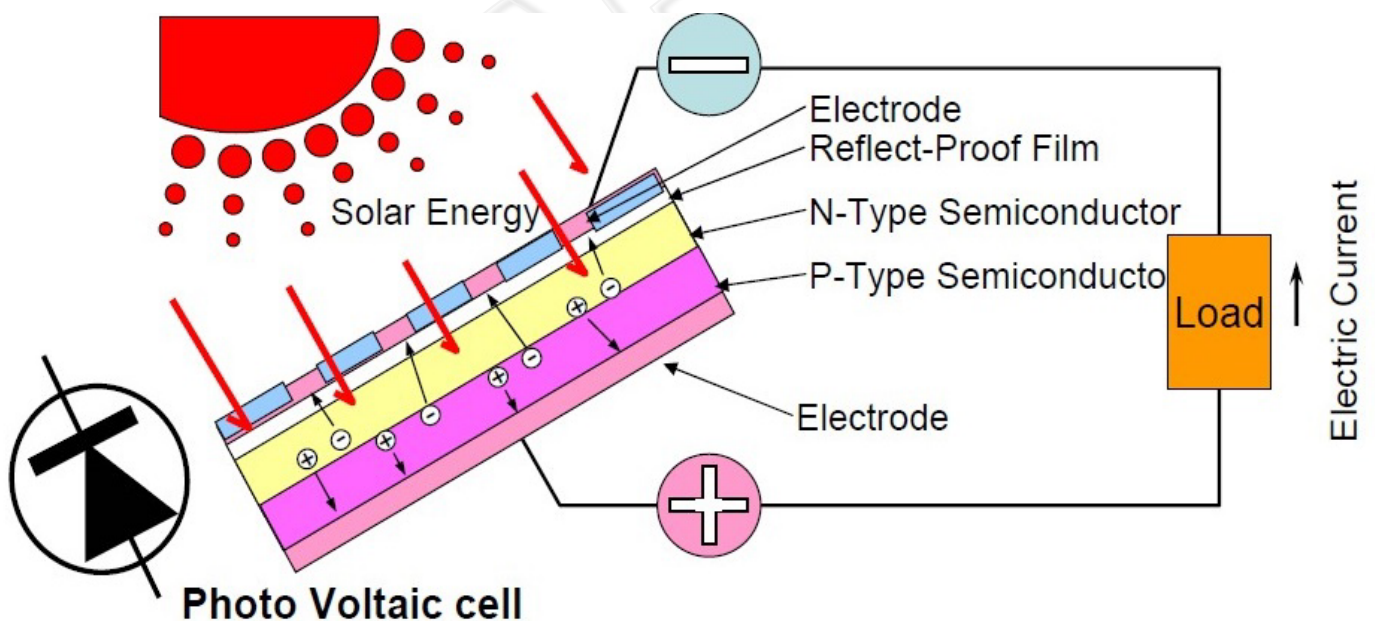
- i. Daripada menggunakan sel solar kristal, mereka menggunakan bahan fotovoltaiik yang dimendapkan dalam lapisan nipis.
- ii. Terdapat banyak subjenis panel solar filem nipis berdasarkan bahan PV mereka. Yang paling biasa ialah kadmium telluride (CdTe), kuprum gallium indium diselenide (CIGS) dan silikon amorf.
- iii. Oleh kerana panel solar filem nipis tidak dibahagikan kepada sel, ia mempunyai permukaan seragam tanpa bahagian.
- iv. Kebanyakan panel solar fleksibel menggunakan sel solar filem nipis.

Kelemahan utama panel suria filem nipis ialah ia kurang cekap berbanding panel polihablur atau monohablur. Ini bermakna anda mesti meliputi kawasan yang lebih besar dengan panel solar filem nipis untuk mencapai pengeluaran kilowatt-jam tertentu.

Prinsip Operasi Panel Surya

Sel solar PV dibina berasaskan dua bahan separuh pengalir atau semi-konduktor, iaitu bahan semi-konduktor jenis P dan jenis N. Cahaya matahari akan menyinari panel solar PV yang terdiri daripada bahan-bahan semi-konduktor tersebut akan menghasilkan dua jenis elektron, iaitu elektro bercas negatif dan positif dalam bahan separuh pengalir tadi.

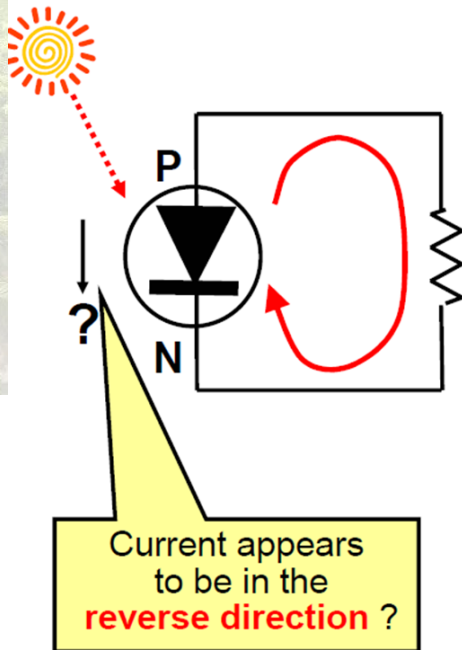
Elektron bercas negatif akan berkumpul di sekitar bahan jenis N manakala elektron bercas positif akan berkumpul di sekitar bahan jenis P yang seakan-akan mewujudkan medan elektrik bercas seperti sebuah bateri sel kering yang mempunyai terminal positif dan terminal negatif. Apabila kedua-dua terminal atau bahan separuh pengalir tadi disambungkan kepada beban seperti sebiji mentol elektronik, maka akan berlaku pengaliran cas negatif dari bahan jenis N ke bahan jenis P yang menghasilkan aliran arus elektrik di antara kedua-dua elektrod positif ke elektrod negatif.



Rajah : Ilustrasi ringkasan struktur binaan asas sel solar PV

Prinsip Operasi Panel Surya

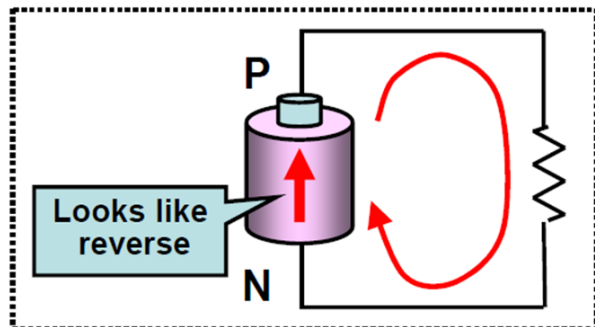
- Direction of current inside PV cell



- Inside current of PV cell looks like "Reverse direction." Why?



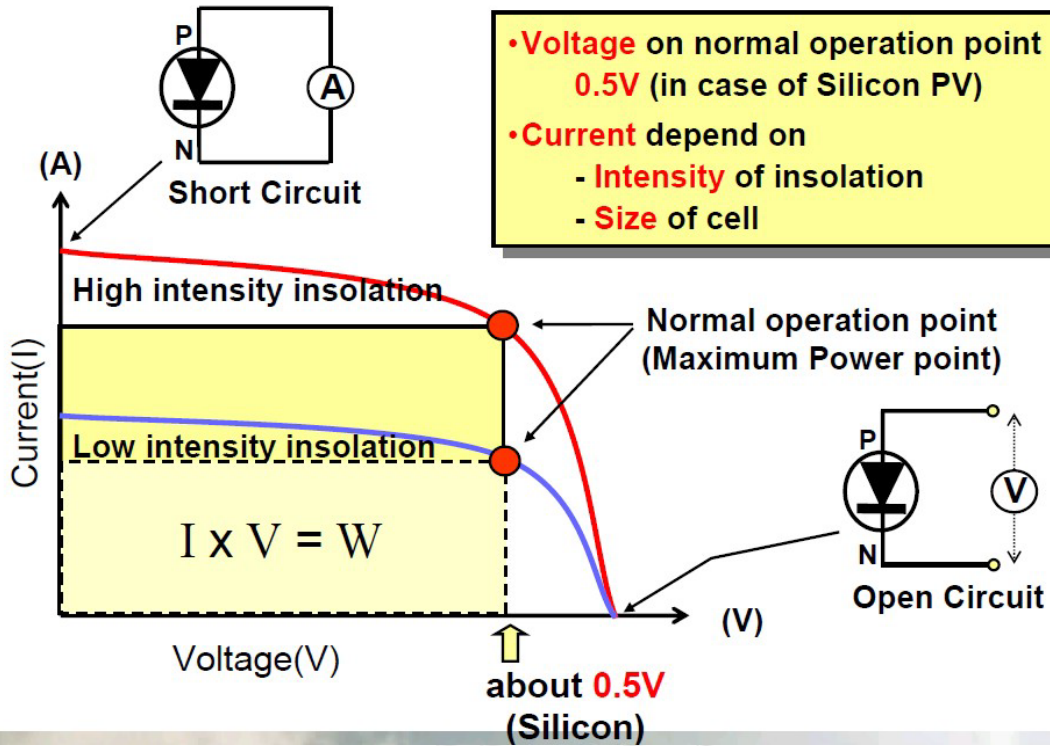
- By Solar Energy, current is pumped up from N-pole to P-pole.
- In generation, current appears reverse. It is the same as for battery.



Rajah : Ilustrasi aliran arus dan elektron bagi sel solar PV yang boleh dianalogikan sebagai sebuah bateri yang mempunyai negatif (N-type) dan terminal positif (P-type)

Prinsip Operasi Panel Suria

• Voltage and Current of PV cell (I-V Curve)

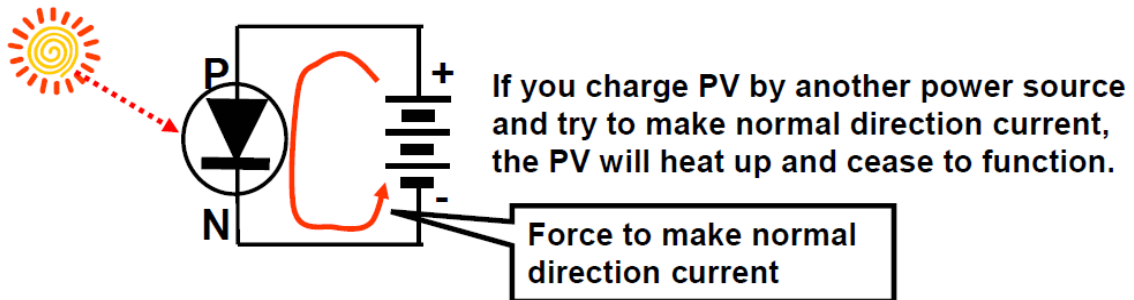


Rajah : Lengkung I-V bagi graf Voltan (V) melawan Arus (I) yang menggambarkan penjaanan arus dan juga voltan bagi sel solar secara teoritikal dengan mengambil kira faktor jenis silikon PV , ketumpatan dan saiz sel solar PV

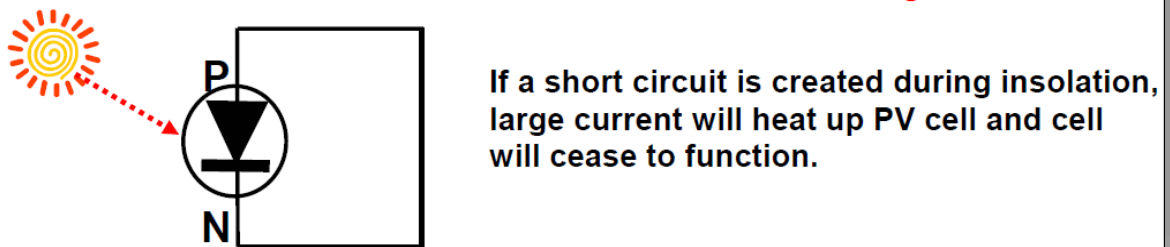
Prinsip Operasi Panel Suria

- Illegal use

Do not charge PV by another power source.



Do not create a short circuit when sunshine is being received.



Rajah : Ilustrasi penyambungan sel solar PV yang perlu dielakkan supaya tidak merosakkan sel solar tersebut dan mengelakkan berlaku litar pintas

Bab 2 : Proses Permohonan Pemasangan Panel Solar

Proses yang paling awal perlu dilakukan adalah perbincangan dengan pihak pengguna dan pembekal dari segi kajian keperluan dan tahap kesesuaian pemasangan panel solar pada sistem talian terus. Kajian awal juga perlu dilakukan melibatkan pulangan pelaburan (*Return of Investment – ROI*) bagi memastikan kos yang dilaburkan bagi tujuan pemasangan panel solar PV benar-benar berbaloi dan menguntungkan kedua-dua belah pihak sama ada pengguna yang perlu dilindungi kepentingannya sebagai pengguna dan pelabur atau pihak pembekal bekalan kuasa elektrik (TNB) dalam situasi menang-menang (*win-win situation*).

Untuk pengesahan kewajaran dan kajian keperluan serta kesesuaian pemasangan panel solar PV, maka pelanggan dikehendaki mengemukakan sekurang-kurang enam (6) bulan bil utiliti elektrik TNB (Tenaga Nasional Berhad) untuk melihat sejauh mana keperluan dan kewajaran pemasangan tersebut.

Bab 2 : Proses Permohonan Pemasangan Panel Solar

Berikut adalah langkah demi langkah proses permohonan pemasangan panel solar tersebut bagi kediaman domestik :

1. Perbincangan dan lawatan tapak di rumah pengguna dengan mengambil pelan atap dan rakaman foto dari sudut pemandangan dari atas rumah pelanggan menggunakan dron.
2. Kajian keperluan dan pulangan pelaburan (dengan merujuk sekurang-kurangnya 6 bulan bil utiliti elektrik terkini) – ROI (Return on investment) dan proposal daripada pihak pembekal / kontraktor.
3. Permohonan kuota tenaga melalui program NEM3.0 untuk rakyat (Net Energy Metering 3.0) oleh pihak pembekal/kontraktor dilantik oleh pengguna kepada pihak berkuasa yang meluluskan peruntukan kuota NEM3.0, iaitu SEDA (Sustainable Energy Development Authority).
4. Selepas kelulusan diperolehi, maka pihak syarikat selaku pembekal harus memenuhi kerja-kerja pemasangan dalam tempoh sah laku yang diberikan oleh pihak SEDA. Sekiranya lanjutan tempoh diperlukan, maka pihak syarikat pembekal bertanggungjawab memohon tempoh perlanjutan dengan pihak SEDA. Pihak syarikat juga akan mengemukakan sebut harga bagi mendapatkan persetujuan pelanggan sebelum kerja-kerja pemasangan barang / peralatan dilakukan selepas mendapat bayaran deposit pelanggan sebagai tanda persetujuan.

Bab 2 : Proses Permohonan Pemasangan Panel Solar

Berikut adalah langkah demi langkah proses permohonan pemasangan panel solar tersebut bagi kediaman domestik :

5. Pemesanan peralatan solar panel & inverter kebiasaannya memakan masa antara tempoh seminggu hingga ke sebulan bergantung pada alatan yang dipesan sama ada pesanan tempatan (*local order*) atau pesanan dari luar negara (*overseas order*), dalam kes ini kebanyakan pesanan dibuat adalah dari negara China berdasarkan teknologi panel solar PV yang berkembang pesat di sana dan kos yang kompetatif bagi pasaran antarabangsa. Barang-barang yang sampai disimpan terlebih dahulu di stor / gudang simpanan syarikat sehingga kerja-kerja pemasangan boleh dilakukan.

6. Proses penghantaran barangan dari stor simpanan terus ke rumah pelanggan

7. Proses pemasangan di rumah pelanggan kebiasaan memakan masa antara sehari hingga ke tiga hari bergantung pada tahap kesukaran dan cuaca di lokasi pemasangan seperti hari hujan atau keadaan basah adalah tidak sesuai untuk kerja-kerja pemasangan tersebut. Kerja-kerja pemasangan dimulakan dengan peletakan struktur asas (*basement reels*) untuk meletakkan panel yang perlu dipastikan benar-benar kukuh dan tidak merosakkan struktur asal atap rumah. Kemudian baharulah panel solar PV dinaikkan secara satu persatu, diikuti penyambungan (*plug and connect*) pendawaian panel PV secara kombinasi siri-selari serta pemasangan pada struktur *basement reels*.

Bab 2 : Proses Permohonan Pemasangan Panel Solar

Berikut adalah langkah demi langkah proses permohonan pemasangan panel solar tersebut bagi kediaman domestik :

8. Proses pendawaian elektrik melalui siling atap rumah dari panel solar PV kepada peralatan Inverter DC kepada AC, iaitu alat penukaran voltan dan arus terus (direct current) kepada voltan dan arus ulang-alik (alternate current). Dalam kes ini, sistem pemasangan panel solar PV ini adalah secara terus ke grid talian bekalan elektrik satu fasa TNB (direct to on-grid TNB). Kerja-kerja pendawaian elektrik ini termasuk pemasangan sistem perlindungan pemutus litar bocor ke bumi dan perlindungan peralatan solar PV daripada risiko terkena panahan kilat atau ribut petir.

9. Proses uji-lari (test-run) untuk memastikan sistem dan penyambungan elektrik dari panel solar PV – Inverter – kotak agihan atau DB (distribution board) berfungsi dengan baik dan normal. Pemantauan dibuat dalam tempoh seminggu pemasangan melalui aplikasi “Solis Home” dalam telefon pintar dan didapati berlaku fault error pada peralatan inverter, iaitu grid overvoltage menyebabkan inverter berada dalam mode on-off setiap kali fault error berlaku. Tindakan yang diambil adalah dengan menetapkan semula (configure) standard inverter kepada piawaian yang selari dengan frekuensi grid TNB, iaitu 50Hz.

Bab 2 : Proses Permohonan Pemasangan Panel Solar

Berikut adalah langkah demi langkah proses permohonan pemasangan panel solar tersebut bagi kediaman domestik :

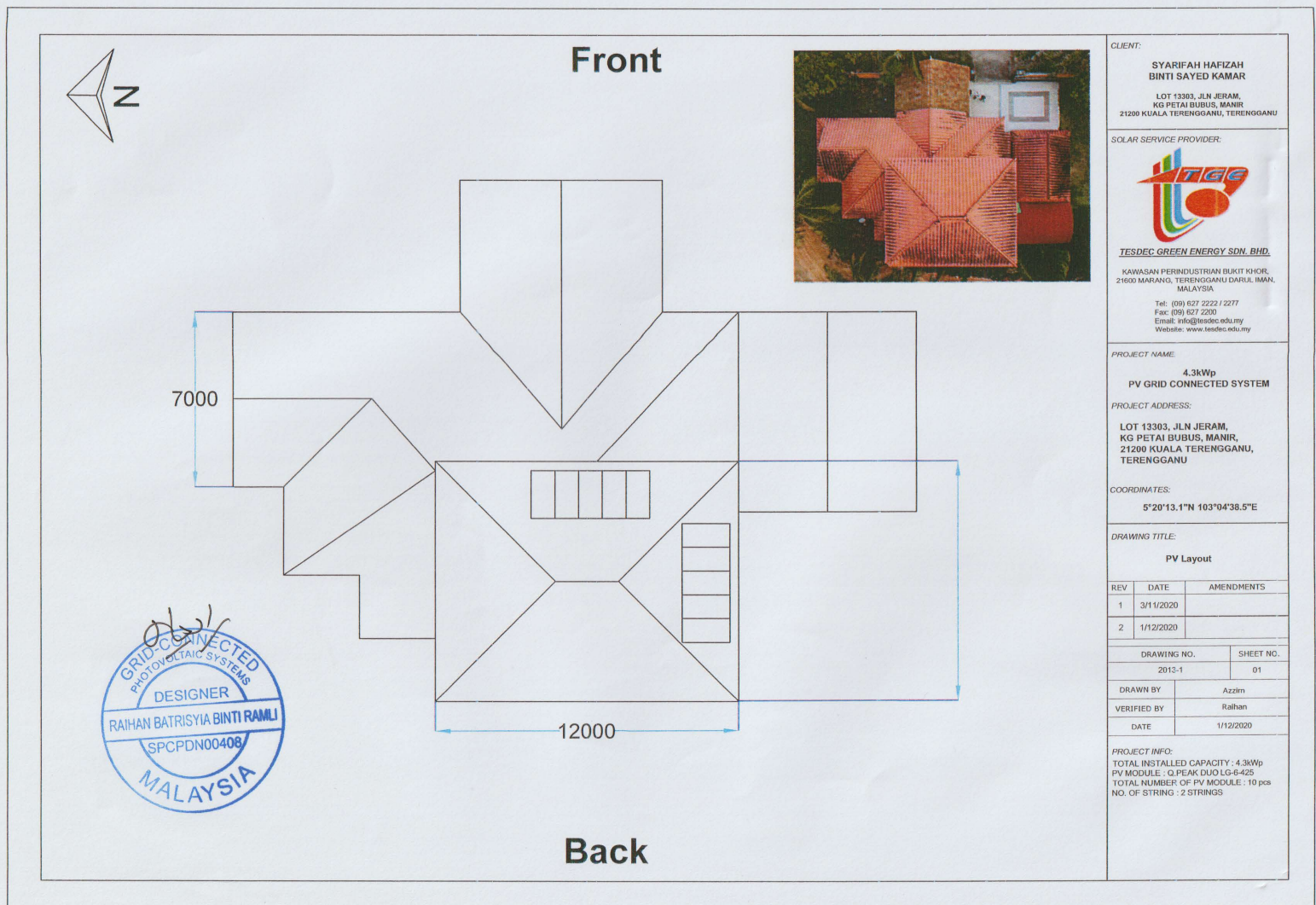
10. Langkah akhir adalah permohonan penukaran meter kilowatt-jam atau kWh (kilowatt/hour) TNB kepada meter NEM3.0 untuk import dan eksport bekalan tenaga elektrik serta perjanjian kontrak antara pelanggan dengan pihak TNB. Dalam kes ini pihak TNB telah menukarkan meter kWh sedia ada di rumah pelanggan kepada Smart Meter (meter pintar) TNB yang merupakan antara pengguna terawal TNB di negeri Terengganu yang dapat menggunakan meter pintar tersebut. Proses ini mengambil masa antara seminggu sehingga ke sebulan selepas selesai pemasangan panel solar bergantung pada kecepatan proses oleh pihak TNB.



Rajah : Foto menggunakan dron dari sudut atas rumah pelanggan bagi tujuan pengukuran laluan pancaran sinaran matahari (*solar pathway*) dari waktu terbit (pagi) sehingga waktu terbenam (petang) dan penentuan lokasi pemasangan panel pada bumbung atau atap rumah dengan mengambil kira faktor jauh dari perlindungan bayang matahari (jika ada).

Bab 2 : Proses Permohonan Pemasangan Panel Solar

Sebelum kerja-kerja pemasangan panel boleh dilakukan oleh pihak kontraktor yang dilantik, pelan lukisan kejuruteraan untuk penetapan (*allocation*) panel solar PV mesti disediakan oleh pelukis pelan berdaftar untuk kelulusan pemasangan oleh pihak yang berkenaan.



Rajah : Pelan lukisan kejuruteraan bagi pemasangan panel solar

Bab 2 : Proses Permohonan Pemasangan Panel Solar



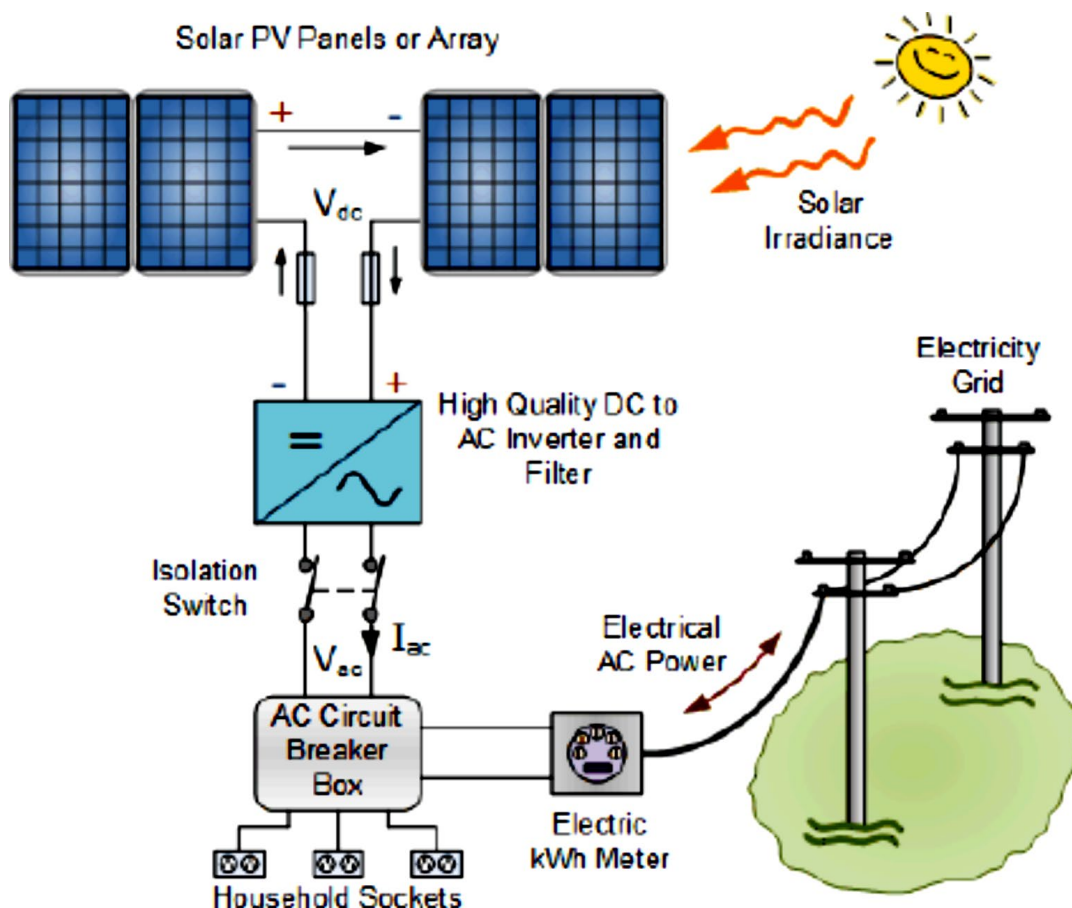
DRAF v1

**Rajah : Contoh Sijil Kelulusan NEM yang diperoleh daripada pihak SEDA
bagi kuota pemasangan projek NEM3.0 Solar PV dengan kapasiti
sebanyak 4.6kWp (kilo-watt power)**



Bab 3 : Pemasangan Panel Solar *On-Grid* & Meter Pintar TNB

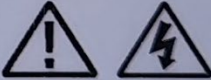
Sistem PV bersambung grid sentiasa mempunyai sambungan ke grid elektrik awam melalui penyongsang yang sesuai kerana panel fotovoltik atau tatasusunan (berbilang panel PV) hanya menghantar kuasa DC. Serta panel solar, komponen tambahan yang membentuk grid PV yang disambungkan. (Frank Keith, 1978).







Rajah : Sistem bekalan kuasa panel solar sambungan ke grid (*on-grid*)


Bab 3 : Pemasangan Panel Solar & Meter Pintar TNB

Dalam salah satu projek pemasangan untuk kapasiti 4.3kWp yang diluluskan oleh SEDA di bawah Suruhanjaya Tenaga (ST), sebanyak sepuluh (10) keping panel solar berkapasiti 430W/keping digunakan dengan sambungan secara siri-selari bagi menghasilkan keluaran bekalan kuasa seperti yang dikehendaki, iaitu 4300Watt.

| | | | | |
|---|------------------|----------|-------------|--|
| ENGINEERED, DESIGNED AND QUALITY TESTED BY Q CELLS IN GERMANY | | | | Q CELLS |
| Q.PEAK DUO L-G8.2 430 | | | | |
| PERFORMANCE AT STANDARD TEST CONDITIONS* | | | | Made in Malaysia  DANGER! Risk of electric shock! DO NOT connect or disconnect plug contacts while system is under load current. Refer to the Installation and Operation Manual before installing, operating or servicing this unit. DANGER! Risque de choc électrique! NE PAS connecter ou déconnecter les connecteurs lorsque le système est en charge. Consultez le manuel d'installation et d'utilisation avant installation, utilisation et entretien du produit. Fire Rating: Class C / Type 1 Design load: 33 lbs/ft ² Fuse Rating: 20A For field connections, use minimum No.12 AWG copper wires insulated for a minimum of 90 °C U.S. Patent No. 9,893,215 (solar cells) EMAIL service@q-cells.com WEB www.q-cells.com |
| Nominal Power* (+5W/-0W) | P _{MPP} | [W] | 430 | |
| Short circuit current* | I _{sc} | [A] | 10.83 | |
| Open circuit voltage* | V _{oc} | [V] | 49.33 | |
| Current at maximum power | I _{MPP} | [A] | 10.31 | |
| Voltage at maximum power | V _{MPP} | [V] | 41.7 | |
| Maximum system voltage | V _{SYS} | [V] | 1500 | |
| Weight | M | [kg/lbs] | 25.0 / 55.1 | |

*Measurement tolerances: P_{MPP} ± 3%; I_{sc}, V_{oc} ± 5% at STC: 1000W/m², 25 ± 2 °C, AM 1.5 according to IEC 60904-3. Data given are rated (nominal) values.

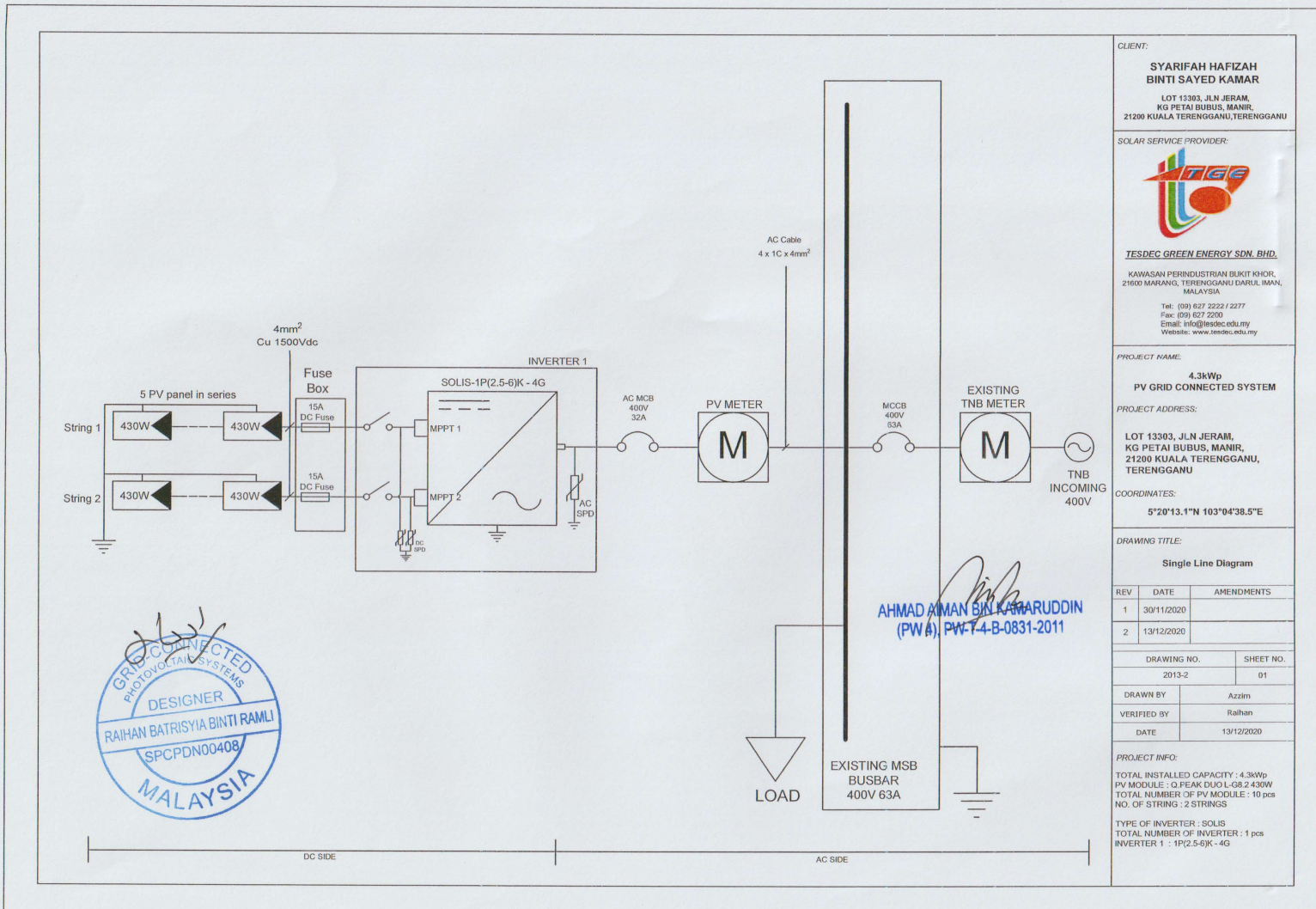

351520534061000236

Hanwha Q CELLS Malaysia Sdn. Bhd.,
Lot 1, Jalan CV 2, Selangor Cyber Valley,
63300 Cyberjaya, Selangor Darul Ehsan, Malaysia

Rajah : Contoh spesifikasi panel solar PV monokristal yang digunakan dalam salah projek NEM3.0 di bawah kelulusan SEDA dan Suruhanjaya Tenaga (ST)

Bab 3 : Pemasangan Panel Solar & Meter Pintar TNB

Berikut adalah gambarajah skematik bagi pemasangan pendawaian elektrik sistem panel solar ke talian grid Tenaga Nasional Berhad (TNB) yang perlu disediakan dan mendapat kelulusan pihak yang berkenaan.



Rajah : Lukisan skematik bagi sambungan pendawaian antara panel solar PV ke sistem inverter dan sambungan ke talian (grid) TNB bekalan elektrik satu / tiga fasa

Bab 3 : Pemasangan Panel Solar & Meter Pintar TNB

Ujian Selepas Pemasangan Panel Solar

Selepas kerja-kerja pemasangan panel solar selesai, maka sistem perlu diuji dan keputusan perlu dicatatkan agar memenuhi spesifikasi keputusan ujian yang dikehendaki oleh pihak berkuasa bekalan tenaga elektrik.

KEPUTUSAN UJIAN JANAKUASA SOLAR FOTOVOLTAIK

Keterangan Janakuasa : PV & Inverter
Kuasa Maksima : 4.30 kWp
Voltan keluaran : 237 V-AC
Arus keluaran : 10.2 A-AC

Keterangan Ujian-Ujian Janakuasa sebelum di kendalian (Insulation Test)

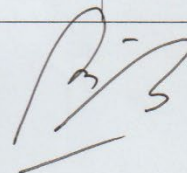
| Bil | Butir-Buti / Radas / Pemasangan / Kelengkapan | Bil.Socket Keluaran Telah Dipasang | Ujian-Ujian Menurut Peraturan-Peraturan I.E.E & J.B.E | | | |
|-----|---|------------------------------------|---|---|-------------------------------|-------------------------------------|
| | | | Rintangan Penebat Pengalir Ke Bumi. Mega OHM | Rintangan Penebat Antara Pengalir. Mega OHM | Kekutupan Suis / Socket Betul | Keterangan Pengalir Bumi Di Periksa |
| 1. | <u>4.30</u> kW Solar PV panel to DC cabling <u>4</u> mm ² | | P-E 100 N-E 100 | P-N 100 | | Diperiksa |
| 2. | Sub-main cable AC DB to TNB Meter <u>4</u> mm ² | | | | | |

Sistem Pembumian : TT
Rintangan Pembumian : 3 Ω

Keterangan Ujian-Ujian Janakuasa-Peranti Keselamatan

| Geganti Arus Lampau | | Geganti Arus Kerosakan Bumi | | Gelung Pelantik | |
|---------------------|---------------|-----------------------------|---------------|-----------------|---------------|
| Arus suntikan | Masa Pelantik | Arus suntikan | Masa Pelantik | Arus suntikan | Masa Pelantik |
| | | | | | |

Nama Penguji :
Perakuan Kekompetenan Pendawai :
No. Perakuan Kekompetenan Pendawai :
Tarikh :



AHMAD AIMAN BIN KAMARUDDIN
(PW 4), PW-T-4-B-0831-2011

NEM Applicant : SYARIFAH HAFIZAH BINTI SAYED KAMAR
Address : LOT 13303, JLN JERAM KG PETAI BUBUS
21200 KUALA TERENGGANU, TERENGGANU
NEM Application No. : RYT202100006
Capacity : 4.3 kWp

Rajah : Jadual keputusan ujian penjanaan tenaga elektrik daripada panel solar PV selepas selesai kerja-kerja pemasangan

Bab 3 : Pemasangan Panel Solar & Meter Pintar TNB

Rajah : Contoh borang pemeriksaan bagi permulaan penggunaan meter NEM di premis pengguna selepas pemasangan panel solar

BORANG PEMERIKSAAN DAN MULATUGAS (T&C) NET ENERGY METERING (NEM) (OPC & LPC)

| | |
|--|--|
| NAMA PELANGGAN: SYARIFAH HAFIZAH BINTI SAYED KAMAR | TARIKH PEMERIKSAAN: 5 OKTOBER 2021 |
| NO AKAUN: 220845208605 | JAM MULA: 12:30 p.m. |
| ALAMAT PREMIS: LOT 13303, JLN JERAM KG PETAI BUBUS, 21200 KUALA TERENGGANU, TERENGGANU | JAM TAMAT: 1:00 p.m. |

MAKLUMAT TEKNIKAL PERPASANGAN SOLAR PV

| | RED: Volts | YELLOW: Volts | BLUE: Volts |
|---|---|----------------|----------------|
| Voltan pada titik sambungan (sebelum perpasangan) <i>Voltage at Point of Connection (before installation)</i> | 246 V | 247.7 V | 248.5 V |
| Voltan pada titik sambungan (selepas perpasangan) <i>Voltage at Point of Connection (after installation)</i> | 247.1 V | 251.9 V | 246.3 V |
| Voltan pada Meter TNB (sekiranya boleh diakses) <i>Voltage at TNB meter (if accessible)</i> | 250.9 V | 248.5 V | 246.5 V |
| Anti-islanding Test | Disconnection Time: 0.5 sec Reconnection Time: 2.5 min | | |

PENGESAHAN PENGUJIAN DAN MULATUGAS SISTEM SOLAR PV OLEH ORANG KOMPETEN

| | |
|--|---|
| Tandatangan: Nama: AHMAD AIMAN BIN KAMARUDDIN No I/C: 910531-03-6049 Tarikh: 5/10/2021 | Cop Syarikat: TESDEC SERVICES SDN. BHD. Kawasan Perindustrian Bukit Khor, 21800 Marang, Terengganu Darul Iman No. Tel: 09-6272277/09-6272222 No. Fax: 09-6272211 Email: tssb@tesdec.edu.my |
|--|---|

An aerial photograph of a large, multi-story house with a red-tiled roof. Several solar panels are mounted on the roof. The house is surrounded by lush greenery, including many palm trees. The overall scene is bright and sunny.

Bab 4 : Penyelenggaraan & pemantauan sistem panel solar

To be added...

DRAF v1



Kesimpulan dan Penutup

Alhamdulillah secara keseluruhannya buku atau *e-book* ini banyak membantu dalam meningkatkan pengetahuan berkaitan ilmu dan kemahiran berkaitan kursus atau subjek pengajian di politeknik seperti sistem bekalan kuasa, elektronik kuasa, reka bentuk kejuruteraan dan asas tenaga yang boleh diperbaharui.

Di samping itu, rakan-rakan pensyarah dan para pelajar boleh menjadikan buku ini sebagai panduan dan rujukan untuk mendalami dengan lebih terperinci berkenaan aplikasi dan pemasangan panel solar untuk kegunaan bekalan elektrik domestik. Para pensyarah atau guru juga boleh menjadikan sebahagian kandungan buku ini sebagai alat bantu mengajar atau bahan pengajaran dan pembelajaran kepada pelajar-pelajar yang terlibat dalam bidang kejuruteraan elektrik dan elektronik.

Penerangan berkenaan penggunaan aplikasi “Solis Home” melalui telefon pintar atau laman web juga banyak memberi manfaat dari segi pemantauan penghasilan tenaga elektrik daripada panel solar PV untuk terus digunakan atau dieksport kepada pihak TNB. Ini merupakan salah satu langkah penjimatan atau pelaburan jangka masa panjang oleh pengguna domestik atau industri demi kelestarian alam sekitar melalui penggunaan teknologi hijau dan sifar pelepasan gas karbon (zero carbon emission). Akhirnya keadaan ini turut menyumbang ke arah pengurangan kesan pemanasan global hasil daripada pengurangan penggunaan bahan api fosil untuk menjana tenaga elektrik bagi kegunaan manusia sejagat.

Semoga buku ini bermanfaat untuk semua kategori pembaca sama ada warga pendidik, pelajar mahupun masyarakat awam berkenaan perkembangan teknologi solar dan tenaga boleh diperbaharui.

Rujukan

*Scott Grinnell (2015), **Renewable Energy & Sustainable Design**. Cengage Learning US (ISBN 978111154270)*

*Ryan O'Hayre. [et al.](2016), **Fuel Cell Fundamentals**. Wiley & Sons, (ISBN:9781119113805)*

*Aidan Duffy, Martin Rogers, Lacour Ayompe (2015), **Renewable Energy And Energy Efficiency Assessment Of Projects And Policies** (ISBN: 9781118631041)*

*Kirk, Alexander P (2015), **Solar Photovoltaic Cells Photos To Electricity**. Elsevier (ISBN: 9780128023297)*

*Godfrey Boyle (2012), **Renewable Energy: Power for a Sustainable Future**. Oxford University Press. (ISBN: 978-0-19-926178-9)*

*KeTTHA (2011). **Handbook on The Malaysian Feed-In Tariff For The Promotion Of Renewable Energy**.*

*Vaughn Nelson (2011). **Introduction to Renewable Energy**. CRC Press. (ISBN: 9781439834497)*

*Dan Chiras (2010).**Solar Electricity Basics**. New Society Publishers. (ISBN: 987-0-86571-618-6)*

*KeTHHA (2008). **National Renewable Energy Policy & Action Plan**.*

Rujukan

Frank Kreith, D. Yogi Goswami (2007). Handbook of Energy Efficiency and Renewable Energy. CRC Press Taylor & Francis Group. (ISBN: 978-0-8493-1730-9)

Jafferson W. Tester (2005). Sustainably Energy: Choosing Among Options. The MIT Press. (ISBN: 0-262-20153-4)

Besyaniya, H. (26 July, 2016). Should Solar Grid Tied Inverter be operated at Unity Power Factor ? Retrieved from <https://www.linkedin.com/pulse/should-solar-grid-tied-inverter-operated-unity-power-factor-hardik/>

Frank Keith, J. F. (1978). Principles of Solar Engineering. McGraw-Hill: Hemisphere Publishing Corporation.

General description of the PVSyst Software. (26 February, 2017). Retrieved from www.pvsyst.com: https://www.pvsyst.com/help/general_descr.htm

Leonardo David Aug 22, 2021 1:00AM EDT ; Monocrystalline Vs. Polycrystalline Solar Panels: What's Best? <https://www.ecowatch.com/monocrystalline-vs-polycrystalline-solar-panels-2654716551.html>

Latar belakang penulis

Dilahirkan pada 13 Januari 1980 sebagai anak sulung daripada lapan adik-beradik di Kampung Tok Ku, Cabang Tiga, Kuala Terengganu dan dibesarkan di sekitar Jalan Engku Sar, Air Jernih, Kampung Batas Baru, Kuala Terengganu oleh kedua-dua ibubapa yang merupakan warga pendidik.

Mendapat pendidikan awal di Sekolah Rendah Tengku Bariah (SRTB), Kuala Terengganu mulai 1987 hingga 1992 dan di peringkat menengah rendah di Sekolah Menengah Sultan Sulaiman (SMSS), Kuala Terengganu pada 1993-1995. Seterusnya penulis ditawarkan ke Maktab Rendah Sains MARA Taiping (MARESMART), Perak pada 1996-1997 di peringkat menengah atas.

Penulis berjaya melanjutkan pengajian ke peringkat ijazah sarjana muda di Universiti Teknologi Malaysia (UTM), Skudai, Johor Darul Ta'zim dalam bidang Kejuruteraan Elektrik-Telekomunikasi selama 5 tahun mulai 1998 hingga 2002.

Sejurus tamat pengajian di peringkat universiti, penulis terus bergiat mencari pengalaman sebagai penolong pengajar Majlis Latihan Vokasional Kebangsaan (MLVK) dalam bidang teknologi maklumat. Selepas graduasi daripada UTM penulis terus bekerja kontrak sebagai *Logistics Planner* untuk Syarikat Petronas Vinyl Chloride (M) Sdn. Bhd. di Kerteh, Kemaman diikuti menjadi guru ganti sementara dan menjadi jurutera elektrik secara kontrak di Syarikat SGS Petrotechnical Inspection (M) Sdn. Bhd. yang menjalankan kerja-kerja kalibrasi dan validasi meter elektronik di Petronas Carigali (M) Sdn. Bhd. sama ada di pelantar minyak luar pesisir (*off-shore*) mahupun di loji pemprosesan gas dan cecair petroleum mentah di daratan (*on-shore*) di sekitar Kerteh, Kemaman Terengganu. Berdaftar sebagai Jurutera Siswazah dengan Lembaga Jurutera Malaysia (BEM) dalam bidang Kejuruteraan Elektronik semenjak 15 Januari 2005.

Seterusnya, penulis melanjutkan pengajian di Maktab Perguruan Teknik, Cheras, Kuala Lumpur pada 2004 dalam bidang pengajian kejuruteraan elektrik bagi Kursus Perguruan Lulusan Ijazah. Penulis ditempatkan di Kolej Komuniti Kuala Terengganu pada 2005 hingga 2011 sebagai Pensyarah Sijil Teknologi Elektrik. Seterusnya penulis berkhidmat di Politeknik Kuala Terengganu mulai 2012 sehinggalah sekarang (2022) sebagai Pensyarah di Jabatan Kejuruteraan Elektrik dan di Jabatan Matematik, Sains & Komputer. Dalam meningkatkan pembangunan bakat dan kerjaya penulis juga menjalani latihan sangkutan industri pensyarah dalam bidang tenaga boleh diperbaharui melalui penggunaan panel solar untuk bekalan kuasa elektrik pengguna domestik satu dan tiga fasa TNB. Alhamdulillah, kini diperakukan sebagai Teknologis Profesional (Ts.) oleh Lembaga Teknologis Malaysia (MBOT) dalam bidang Teknologi Elektrik & Elektronik (EE) mulai Mei 2022.

Terbitan

